

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

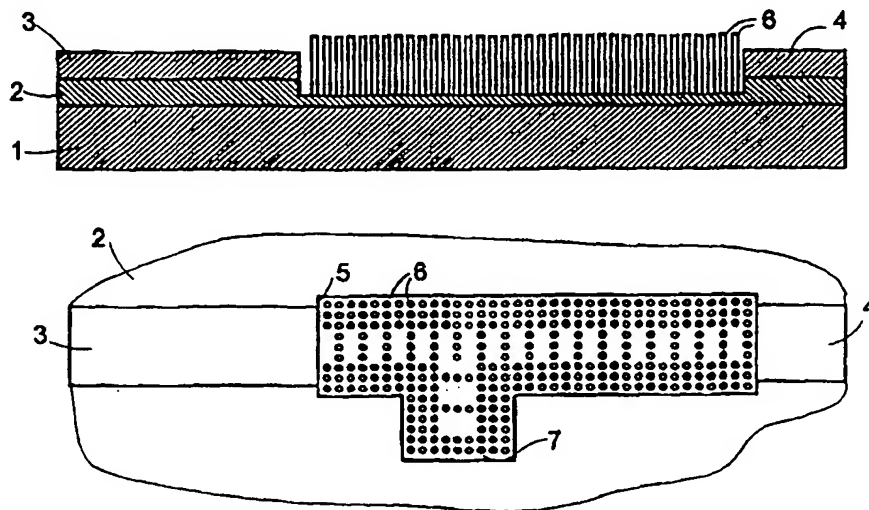


INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

| | | | |
|--|--|--|---|
| (51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G02B 6/12, 6/122, 6/124 | | A1 | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/53350 |
| | | (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: | 26. November 1998 (26.11.98) |
| (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP98/02532 | | (81) Bestimmungsstaaten: AU, CA, JP, NZ, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). | |
| (22) Internationales Anmeldedatum: 29. April 1998 (29.04.98) | | | |
| (30) Prioritätsdaten: 197 20 784.7 17. Mai 1997 (17.05.97) DE | | Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht. | |
| (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): DEUTSCHE TELEKOM AG [DE/DE]; Friedrich-Ebert-Allee 140, D-53113 Bonn (DE). | | | |
| (72) Erfinder; und | | | |
| (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KOOPS, Hans, Wilfried, Peter [DE/DE]; Ernst-Ludwig-Strasse 16, D-64372 Ober-Ramstadt (DE). DULTZ, Wolfgang [DE/DE]; Marienbergerstrasse 37, D-65936 Frankfurt am Main (DE). | | | |

(54) Title: INTEGRATED OPTICAL CIRCUIT

(54) Bezeichnung: INTEGRIERTE OPTISCHE SCHALTUNG



(57) Abstract

The invention relates to an integrated optical circuit comprising a silicon substrate (1) and waveguides (2, 3) arranged thereon. At least one photonic crystal is provided as a waveguide, which is formed by a mesh of needles (6). The needles (6) can be produced by corpuscular radiation deposition.

(57) Zusammenfassung

Bei einer integrierten optischen Schaltung mit einem Siliziumsubstrat (1) und darauf angeordneten Wellenleitern (2, 3) ist als Wellenleiter mindestens ein photonischer Kristall vorgesehen, der von einem Gitter aus Nadeln (6) gebildet ist. Die Nadeln (6) können durch Korpuskularstrahl-Deposition hergestellt werden.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

| | | | | | | | |
|----|------------------------------|----|-----------------------------------|----|---|----|--------------------------------|
| AL | Albanien | ES | Spanien | LS | Lesotho | SI | Slowenien |
| AM | Armenien | FI | Finnland | LT | Litauen | SK | Slowakei |
| AT | Österreich | FR | Frankreich | LU | Luxemburg | SN | Senegal |
| AU | Australien | GA | Gabun | LV | Lettland | SZ | Swasiland |
| AZ | Aserbaidschan | GB | Vereinigtes Königreich | MC | Monaco | TD | Tschad |
| BA | Bosnien-Herzegowina | GE | Georgien | MD | Republik Moldau | TG | Togo |
| BB | Barbados | GH | Ghana | MG | Madagaskar | TJ | Tadschikistan |
| BE | Belgien | GN | Guinea | MK | Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien | TM | Turkmenistan |
| BF | Burkina Faso | GR | Griechenland | ML | Mali | TR | Türkei |
| BG | Bulgarien | HU | Ungarn | MN | Mongolei | TT | Trinidad und Tobago |
| BJ | Benin | IE | Irland | MR | Mauretanien | UA | Ukraine |
| BR | Brasilien | IL | Israel | MW | Malawi | UG | Uganda |
| BY | Belarus | IS | Island | MX | Mexiko | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| CA | Kanada | IT | Italien | NE | Niger | UZ | Usbekistan |
| CF | Zentralafrikanische Republik | JP | Japan | NL | Niederlande | VN | Vietnam |
| CG | Kongo | KE | Kenia | NO | Norwegen | YU | Jugoslawien |
| CH | Schweiz | KG | Kirgisistan | NZ | Neuseeland | ZW | Zimbabwe |
| CI | Côte d'Ivoire | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | PL | Polen | | |
| CM | Kamerun | KR | Republik Korea | PT | Portugal | | |
| CN | China | KZ | Kasachstan | RO | Rumänien | | |
| CU | Kuba | LC | St. Lucia | RU | Russische Föderation | | |
| CZ | Tschechische Republik | LI | Liechtenstein | SD | Sudan | | |
| DE | Deutschland | LK | Sri Lanka | SE | Schweden | | |
| DK | Dänemark | LR | Liberia | SG | Singapur | | |
| EE | Estland | | | | | | |

Integrierte optische Schaltung

Die Erfindung betrifft eine integrierte optische Schaltung mit einem Siliziumsubstrat und darauf angeordneten Wellenleitern.

Integrierte optische Schaltungen werden in der Nachrichtentechnik für verschiedene Zwecke benötigt, beispielsweise zur Verteilung, Zusammenfassung, spektralen Aufteilung oder zum Schalten von mit Informationen modulierten Lichtströmen. Außerdem können auch andere Schaltungen mit Hilfe optischer Strukturen realisiert werden, beispielsweise Rechnerschaltungen.

Zur Zeit werden integrierte optische Schaltungen mit Wellenleitern aus Polymeren oder III-V-Verbindungs-Halbleitern aufgebaut, die durch lithographische Verfahren strukturiert werden.

Als optisch wirksame Elemente dieser Schaltungen sind unter anderem photonische Kristalle geeignet, die wegen ihrer geringen geometrischen Abmessungen zur Entfaltung ihrer vollen Wirkung ein Wellenleiter-Muster benötigen, in das sie eingefügt werden. Derartige Wellenleiter-Muster sind üblicherweise Streifen-Wellenleiter aus Polymer oder Halbleitermaterial.

...

Diese Wellenleiter-Muster können in einer komplementären Struktur erzeugt werden, die die Ausbreitung der Photonen-Pulse in der Materie durch ihre Ausführungsform verhindern und die Ausbreitung durch gezielte eingebaute Defekte in sonst vollständig spiegelnde Materie ermöglicht. Dabei wirkt nicht ein Brechzahlprung wie bei der Führung von Wellen in optischen Wellenleitern, die durch Dotierung oder als Streifen-Wellenleiter ausgebildet sind, sondern hier begrenzen - theoretisch gegeben - verbotene Bänder die Zustands-Lösung der für bestimmte Wellenlängen erwünschten Eigenlösungen zur Ausbreitung dieser Wellen. Die Beschreibung dieser Wellenleiter ist beispielsweise von Mekis A. et al in Physical Review Letters, Volume 77, No. 18, p. 3787 beschrieben.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine integrierte optische Schaltung anzugeben, bei der derartige Wellenleiter für verschiedene Funktionen angewendet werden und die mit der erforderlichen Präzision herstellbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäße dadurch gelöst, daß als Wellenleiter mindestens ein photonischer Kristall vorgesehen ist. Dabei ist vorzugsweise vorgesehen, daß weitere Wellenleiter als Streifen-Wellenleiter ausgebildet sind, wobei zwischen den Streifen-Wellenleitern und dem Siliziumsubstrat eine Isolierschicht angeordnet ist, und daß sich der photonische Kristall von einer Ebene unterhalb der unteren Begrenzungsfläche der Wellenleiter über die obere Begrenzungsfläche der Wellenleiter hinaus erstreckt.

Zur Herstellung der erfindungsgemäßen Schaltung kann mit Vorteil das kommerziell erhältliche Material "Silizium auf Isolator" eingesetzt werden, beispielsweise von dem Hersteller SOITEC SA., Grenoble, Frankreich. Dieses Material ist für Wellenlängen von 1,55 μm gut durchlässig. Silizium besitzt bei diesen Wellenleitern eine sehr hohe

...

Dielektrizitätskonstante von 12, das auch bei den photonischen Kristallen eingesetzt werden kann. An bestimmten Stellen der Schaltung mit sehr geringer Einfügedämpfung eingesetzte spezielle photonische Kristalle gewährleisten die Funktion der Schaltung, beispielsweise als Rechenschaltung, wobei die gesamte Schaltung sehr klein ausgeführt werden kann. So sind beispielsweise 6 Perioden des Gitters der photonischen Kristalle mit einem Gitterabstand von $1/3$ der Wellenlänge ausreichend, um eine Abschwächung von 35 dB zu erreichen.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Schaltung besteht darin, daß der mindestens eine photonische Kristall von Nadeln mit einer hohen Dielektrizitätskonstanten in Form eines zweidimensionalen periodischen Gitters mit Störstellen gebildet ist. Es ist jedoch auch durchaus möglich, daß der mindestens eine photonische Kristall von einem Körper mit einer hohen Dielektrizitätskonstanten mit Löchern niedriger Dielektrizitätskonstanten in Form eines zweidimensionalen periodischen Gitters mit Störstellen gebildet ist, was beispielsweise in DE 195 33 148 A1 beschrieben ist.

Je nach Voraussetzungen im einzelnen kann vorgesehen sein, daß die Nadeln auf der Isolierschicht stehen, die im Bereich des photonischen Kristalls eine geringere Stärke als unter den Wellenleitern aufweist, oder daß die Nadeln auf dem Siliziumsubstrat stehen.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Schaltung besteht darin, daß die Zwischenräume zwischen den Nadeln mit nicht-linear-optischem Material ausgefüllt sind und daß mit Hilfe von einer an Feldelektroden angelegten Spannung der Brechungsindex des nicht-linear-optischen Materials einstellbar ist. Damit ist eine Steuerung, beispielsweise des Verhaltens von Filtern möglich, die als

...

integrierte optische Schaltungen ausgeführt sind, siehe auch DE 195 42 058 A1.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung besteht darin, daß die Nadeln bzw. Löcher schräg zur optischen Achse stehen. Damit ist eine Abzweigung von Licht in einem Teil des Wellenlängenbereichs in eine weitere Ebene der integrierten optischen Schaltung möglich. Eine Alternative hierzu bietet eine andere Ausgestaltung der Erfindung dadurch, daß der mindestens eine photonische Kristall durch die Anordnung der Störstellen ein Abzweigfilter darstellt, bei dem abgezwiegt Licht eines selektierten Wellenlängenbereichs seitlich austritt. Das seitliche austretende Licht kann in vielfältiger Weise weitergeleitet werden.

Bei einer anderen Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß seitlich austretendes Licht verschiedener Wellenlängenbereiche auf verschiedene Stellen eines parallel verlaufenden photonischen Kristalls fokussierbar ist. Damit ist die Möglichkeit der Verbindung mehrerer Rechenebenen in einfacher Weise gegeben.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung anhand mehrerer Figuren dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 einen Querschnitt aus einem Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Schaltung,

Fig. 2 eine Draufsicht des in Fig. 1 dargestellten Ausschnitts,

Fig. 3 eine Draufsicht eines Teils eines weiteren Ausführungsbeispiels,

- Fig. 4 ein Beispiel für eine optische Verbindung zweier Ebenen der integrierten optischen Schaltung,
- Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Beispiels einer optischen Verbindung mehrerer Rechenebenen bei einer erfindungsgemäßen Schaltung und
- Fig. 6 ein mit der erfindungsgemäßen Schaltung realisiertes Mach-Zehnder-Interferometer.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 befindet sich auf einem Siliziumsubstrat 1 eine Isolierschicht 2 aus Silizium-Oxid, auf welcher optische Streifen-Wellenleiter 3, 4 aus Silizium aufgebracht sind. Zwischen den Wellenleitern 3, 4 befindet sich ein photonischer Kristall 5, der von einem Gitter aus Nadeln 6 gebildet ist.

Die Nadeln 6 stehen bei dem Ausführungsbeispiel auf der Isolierschicht 2, die im Bereich des photonischen Kristalls 5 eine Kavität aufweist. Dadurch und daß die Nadeln über die obere Begrenzungsebene der Wellenleiter 3, 4 hinausragen, wird vom photonischen Kristall auch das in Randbereichen außerhalb des Wellenleiters geführte Feld erfaßt.

Die Nadeln 6 können in an sich bekannter Weise durch Korpuskularstrahl-Deposition hergestellt werden. Ein Verfahren dazu ist beispielsweise beschrieben in DE 195 33 148 A1.

Wie in S.Y. Lin, G. Arjavalingam: Optics Letters, Vol. 18, No. 19, 1666 (1990) anhand von Versuchen mit Millimeterwellen gezeigt wurde, genügen bereits sechs Perioden des Gitters mit einer Gitterkonstanten von einem Drittel der Wellenlänge, um eine Dämpfung von 35 dB zu erreichen. Innerhalb des somit gedämpften Wellenlängenbereichs kann durch gezielte Störstellen - d.h.

...

Auslassen von Nadeln - Wellenlängenbereiche mit geringerer Dämpfung geschaffen werden. Bei dem anhand der Figuren 1 und 2 dargestellten Ausführungsbeispiel wird Licht mehrerer Wellenlängen vom Wellenleiter 3 zum Wellenleiter 4 geführt, während an einer Abzweigung 7 Licht einer ausgewählten Wellenlänge austritt. Dabei stehen jeweils die gewählten Abstände in dem mittleren Bereich des photonischen Kristalls vorhandenen Nadeln lediglich beispielhaft für eine genaue Festlegung zur Erzielung der jeweils zu erreichenden Filtereigenschaften.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 sind nicht nur für ein Filter, sondern auch für die Zuführung und Ableitungen photonische Kristalle vorgesehen, wobei die Zuführung 11 und die Ableitungen 12, 13 jeweils als Allpaß dadurch ausgebildet sind, daß im mittleren Bereich keine Nadeln vorgesehen sind.

Fig. 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem die den photonischen Kristall bildenden Nadeln 14 geneigt sind. In selektierten Bereichen ist eine Deckschicht 15 aufgelegt, so daß Licht dort austritt und durch aufgesetzte Linsen 16 aus vorzugsweise polymeren Material in nicht dargestellte Eintrittsfenster einer darüberliegenden Ebene fokussiert wird. Damit sind dreidimensionale Strukturen, beispielsweise in einer Rechnerschaltung, möglich. Die Linsen können dabei in bekannter Weise mit Elektronenstrahl-Lithographie oder mit optischen Verfahren erzeugt werden.

Fig. 5 zeigt einen Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Schaltung, bei welcher mehrere Abzweigungen 21 bis 25 von einem photonischen Kristall 26 gebildet werden, wobei eine Linse 27 bis 31 das aus der Abzweigung austretende Licht auf Eintrittsflächen 32 bis 36 fokussiert, die an neben dem photonischen Kristall 26 verlaufenden weiteren optischen Elementen 37, 38 angeordnet sind.

...

Fig. 6 zeigt ein als Mach-Zehnder-Interferometer ausgebildetes Ausführungsbeispiel. Dabei sind alle Elemente, insbesondere Wellenleiter, Filter, Spiegel und Strahlenteiler von photonischen Kristallen gebildet. Mit dem Interferometer soll die Laufzeit in einem reflektierenden in Fig. 6 lediglich angedeuteten Meßobjekt 41 gemessen werden. Dazu wird das bei 42 zugeführte Licht zunächst durch ein einstellbares Filter 43 geleitet, mit dessen Hilfe die zur Messung zu verwendende Wellenlänge selektiert wird. Das aus dem Filter 43 austretende Licht wird mit Hilfe eines Strahlenteilers 44 zu gleichen Teilen geradeaus zu einem einstellbaren Phasenschieber 45 und reflektiertes zum Meßobjekt 41 geleitet.

Das einstellbare Filter 43 und der einstellbare Phasenschieber 45 bestehen jeweils aus einem photonischen Kristall, wobei die Zwischenräume mit nicht-linear-optischem Material ausgefüllt sind, dessen Dielektrizitätskonstante und damit die optisch wirksamen Abstände der Nadeln mit Hilfe von an Elektroden 46, 47 bzw. 48, 49 angelegten Spannungen steuerbar sind.

An den Phasenschieber 45 schließt sich ein vollständig reflektierender Spiegel 50 an, der das aus dem Phasenschieber 45 austretende Licht einem weiteren Strahlenteiler 51 zuführt.

Vor dem Meßobjekt 41 ist ein als Richtungsweiche 42 ausgebildeter photonischer Kristall angeordnet mit der Wirkung, daß das vom Strahlenteiler 44 ankommende Licht in das Objekt 41 geleitet wird und das im Meßobjekt reflektierte Licht über einen Wellenleiter 43 zum weiteren Strahlenteiler 51 gelangt. Am Ausgang 54 überlagern sich beide Lichtströme. Mit Hilfe eines geeigneten Meßwandlers kann die aus dem Ausgang 54 austretende Intensität gemessen

...

und durch Einstellung der Phase bei 45 auf ein Minimum der Intensität am Ausgang 54 die Phasenverschiebung im Meßobjekt 41 bestimmt werden. Aus den bereits oben genannten Gründen kann auch die in Fig. 6 dargestellte Schaltung äußerst klein ausgelegt werden, beispielsweise mit einer gesamten Länge von etwa 20 μm .

Ansprüche

1. Integrierte optische Schaltung mit einem Siliziumsubstrat und darauf angeordneten Wellenleitern, dadurch gekennzeichnet, daß als Wellenleiter mindestens ein photonischer Kristall vorgesehen ist.
2. Integrierte optische Schaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß weitere Wellenleiter als Streifen-Wellenleiter (3, 4) ausgebildet sind, wobei zwischen den Streifen-Wellenleitern (3, 4) und dem Siliziumsubstrat (1) eine Isolierschicht (2) angeordnet ist, und daß sich der photonische Kristall von einer Ebene unterhalb der unteren Begrenzungsfläche der Wellenleiter (3, 4) über die obere Begrenzungsfläche der Wellenleiter (3, 4) hinaus erstreckt.
3. Integrierte optische Schaltung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der mindestens eine photonische Kristall von Nadeln (6, 14) mit einer hohen Dielektrizitätskonstanten in Form eines zweidimensionalen periodischen Gitters mit Störstellen gebildet ist.
4. Integrierte optische Schaltung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der mindestens eine photonische Kristall von einem Körper mit einer hohen Dielektrizitätskonstanten mit Löchern niedriger Dielektrizitätskonstanten in Form eines zweidimensionalen periodischen Gitters mit Störstellen gebildet ist.

...

5. Integrierte optische Schaltung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Nadeln (6, 14) auf der Isolierschicht (2) stehen, die im Bereich des photonischen Kristalls eine geringere Stärke als unter den Wellenleitern (3, 4) aufweist.
6. Integrierte optische Schaltung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Nadeln auf dem Siliziumsubstrat stehen.
7. Integrierte optische Schaltung nach einem der Ansprüche 3, 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenräume zwischen den Nadeln mit nicht-linear-optischem Material ausgefüllt sind und daß mit Hilfe von einer an Feldelektroden (46 bis 49) angelegten Spannung der Brechungsindex des nicht-linear-optischen Materials einstellbar ist.
8. Integrierte optische Schaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Nadeln (14) bzw. Löcher schräg zur optischen Achse stehen.
9. Integrierte optische Schaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der mindestens eine photonische Kristall (26) durch die Anordnung der Störstellen ein Abzweigfilter darstellt, bei dem abgezweigtes Licht eines selektierten Wellenlängenbereichs seitlich austritt.
10. Integrierte optische Schaltung nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß seitlich austretendes Licht verschiedener Wellenlängenbereiche auf verschiedene Stellen eines parallel verlaufenden photonischen Kristalls (37, 38) fokussierbar ist.

1/3

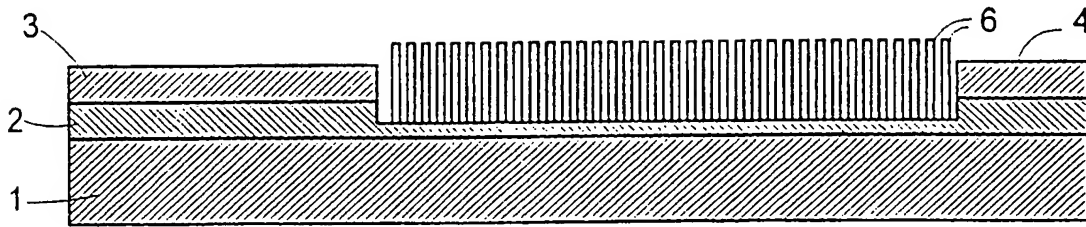


Fig. 1

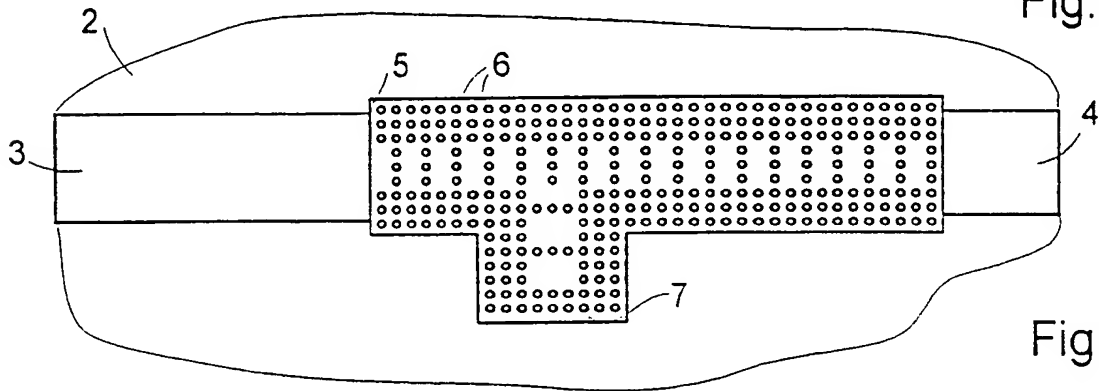


Fig. 2

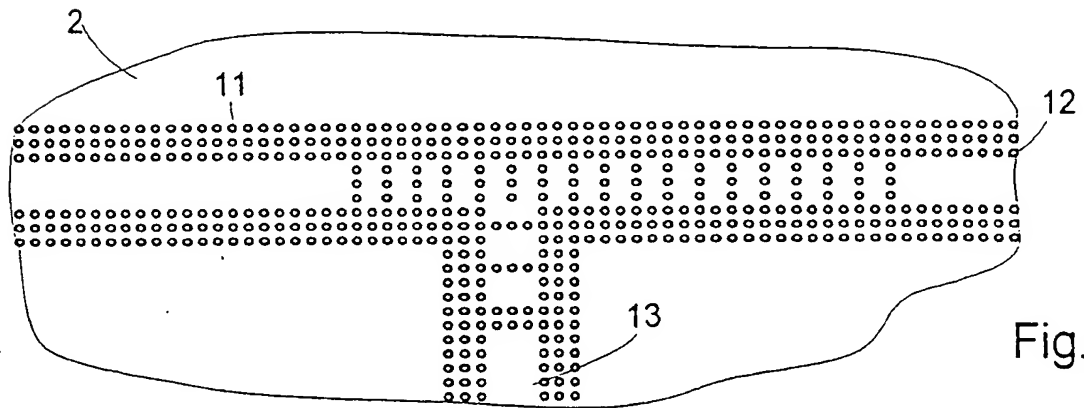


Fig. 3

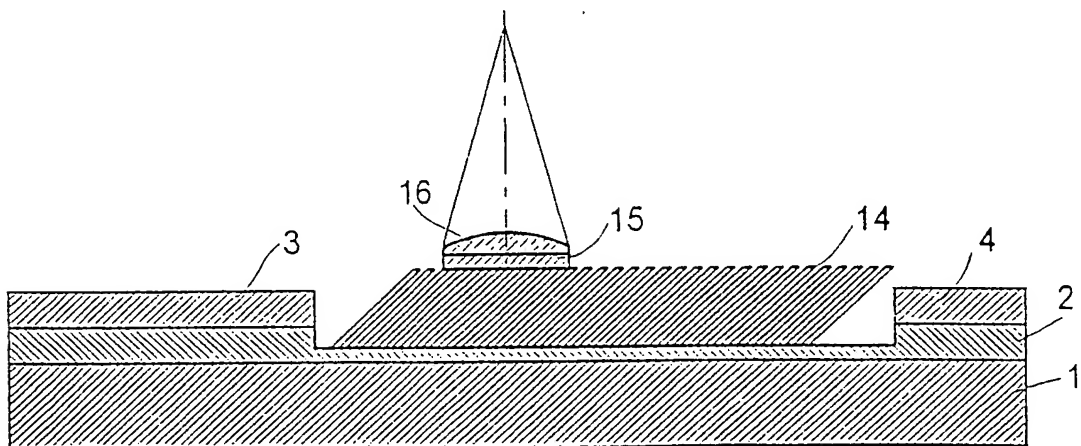


Fig. 4

2/3

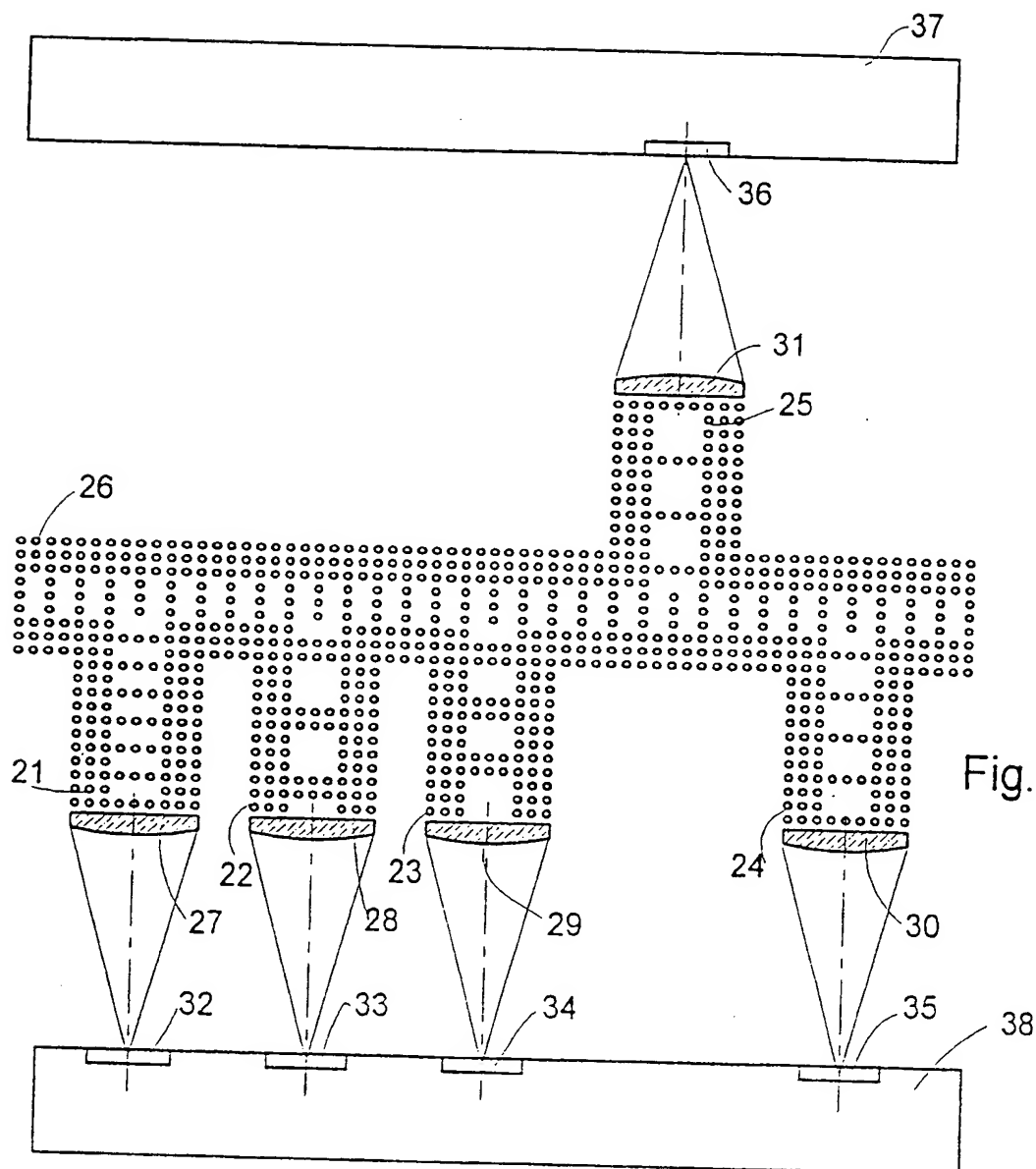


Fig.5

3/3

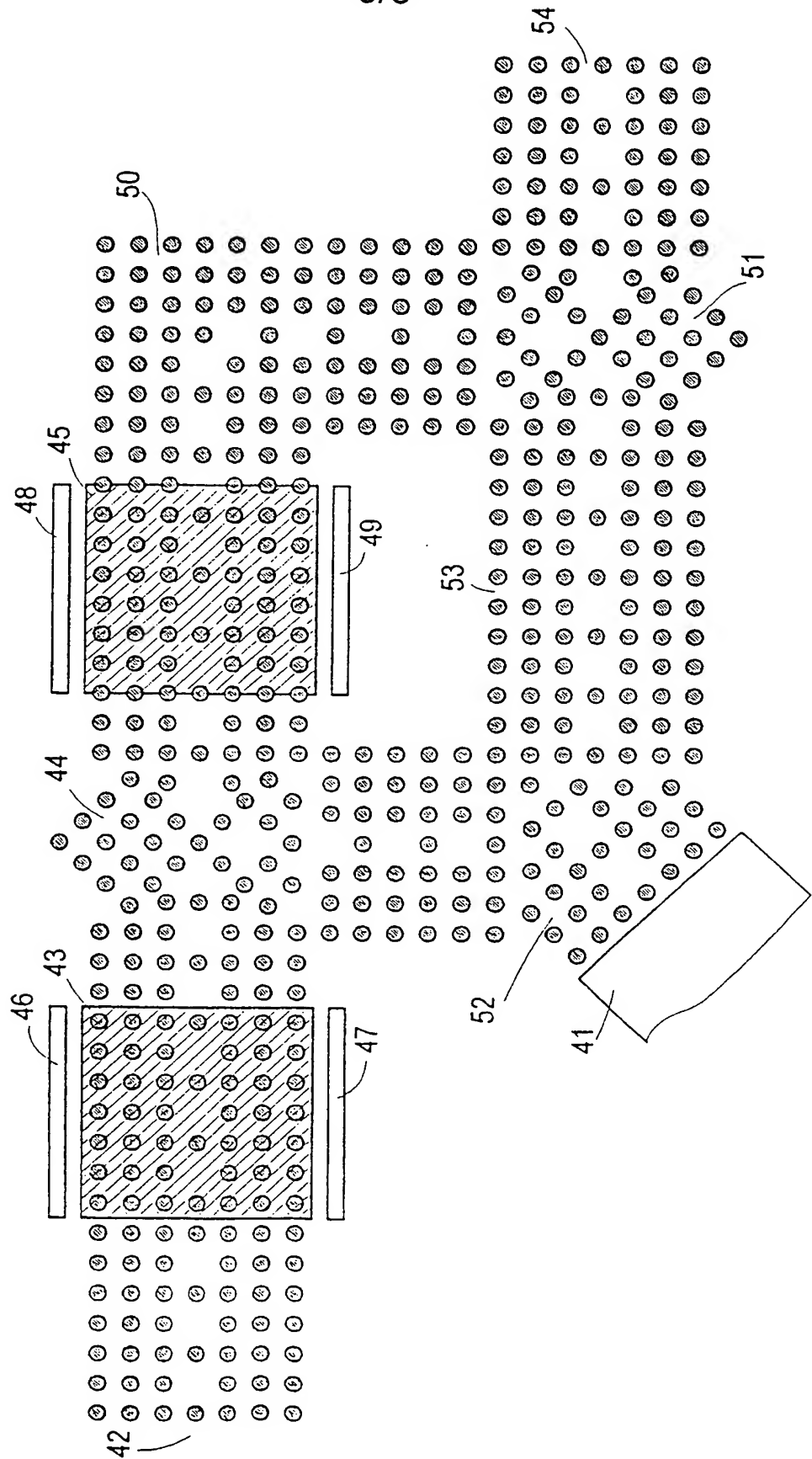


Fig.6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

national Application No
PCT/EP 98/02532

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 G02B6/12 G02B6/122 G02B6/124

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X | KOOPS H W P: "PHOTONIC CRYSTALS BUILT BY THREE-DIMENSIONAL ADDITIVE LITHOGRAPHY ENABLE INTEGRATED OPTICS OF HIGH DENSITY" PROCEEDINGS OF THE SPIE, vol. 2849, 5 August 1996, pages 248-256, XP000617864 | 1 |
| A | see the whole document idem | 3,4,6-10 |
| | --- -/-- | |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 September 1998

Date of mailing of the international search report

09/09/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mathyssek, K

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

I. International Application No

PCT/EP 98/02532

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| Y | WO 96 27225 A (MASSACHUSETTS INST TECHNOLOGY) 6 September 1996 see page 5, line 6 - line 38 see page 6 - page 7 see page 9, line 31 - line 38 see page 10, line 1 - line 26 see claims; figures 4-12 | 1 |
| A | idem | 3,4,6 |
| Y | DE 195 26 734 A (SIEMENS AG) 23 January 1997 see claims; figures | 1 |
| A | WO 95 30917 A (MASSACHUSETTS INST TECHNOLOGY) 16 November 1995 see claims; figures | 1 |
| A | CHENG C C ET AL: "FABRICATION PF PHOTONIC BAND-GAP CRYSTALS" JOURNAL OF VACUUM SCIENCE AND TECHNOLOGY: PART B, vol. 13, no. 6, 1 November 1995, pages 2696-2700, XP000558339 see the whole document | 1,2,6,8 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 98/02532

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| WO 9627225 | A | 06-09-1996 | US 5784400 A | 21-07-1998 |
| DE 19526734 | A | 23-01-1997 | WO 9704340 A | 06-02-1997 |
| | | | EP 0840900 A | 13-05-1998 |
| WO 9530917 | A | 16-11-1995 | US 5440421 A | 08-08-1995 |
| | | | US 5600483 A | 04-02-1997 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

I. rationales Aktenzeichen

PCT/EP 98/02532

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 G02B6/12 G02B6/122 G02B6/124

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| X | KOOPS H W P: "PHOTONIC CRYSTALS BUILT BY THREE-DIMENSIONAL ADDITIVE LITHOGRAPHY ENABLE INTEGRATED OPTICS OF HIGH DENSITY" PROCEEDINGS OF THE SPIE, Bd. 2849, 5. August 1996, Seiten 248-256, XP000617864 | 1 |
| A | siehe das ganze Dokument idem --- -/-- | 3,4,6-10 |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. September 1998

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

09/09/1998

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Mathyssek, K

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

ationales Aktenzeichen

PCT/EP 98/02532

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
|------------|--|--------------------|

| | | |
|---|--|---------|
| Y | WO 96 27225 A (MASSACHUSETTS INST TECHNOLOGY) 6. September 1996 siehe Seite 5, Zeile 6 - Zeile 38 siehe Seite 6 - Seite 7 siehe Seite 9, Zeile 31 - Zeile 38 siehe Seite 10, Zeile 1 - Zeile 26 siehe Ansprüche; Abbildungen 4-12 | 1 |
| A | idem | 3,4,6 |
| Y | DE 195 26 734 A (SIEMENS AG) 23. Januar 1997 siehe Ansprüche; Abbildungen | 1 |
| A | WO 95 30917 A (MASSACHUSETTS INST TECHNOLOGY) 16. November 1995 siehe Ansprüche; Abbildungen | 1 |
| A | CHENG C C ET AL: "FABRICATION PF PHOTONIC BAND-GAP CRYSTALS" JOURNAL OF VACUUM SCIENCE AND TECHNOLOGY: PART B, Bd. 13, Nr. 6, 1. November 1995, Seiten 2696-2700, XP000558339 siehe das ganze Dokument | 1,2,6,8 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 98/02532

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | | Datum der Veröffentlichung |
|--|---|-------------------------------|-----------------------------------|-----------|-------------------------------|
| WO 9627225 | A | 06-09-1996 | US | 5784400 A | 21-07-1998 |
| DE 19526734 | A | 23-01-1997 | WO | 9704340 A | 06-02-1997 |
| | | | EP | 0840900 A | 13-05-1998 |
| WO 9530917 | A | 16-11-1995 | US | 5440421 A | 08-08-1995 |
| | | | US | 5600483 A | 04-02-1997 |

